

(51) Classification internationale des brevets ⁵ : G06F 15/70	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 91/03797 (43) Date de publication internationale: 21 mars 1991 (21.03.91)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR90/00628 (22) Date de dépôt international: 24 août 1990 (24.08.90) (30) Données relatives à la priorité: 89/11328 29 août 1989 (29.08.89) FR (71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): THOMSON CONSUMER ELECTRONICS [FR/FR]; 9, place des Vosges, La Défense 5, F-92400 Courbevoie (FR). (72) Inventeur; et (75) Inventeur/Déposant (US seulement) : KERDRANVAT, Michel [FR/FR]; 19, square Auguste-Michel, F-35700 Rennes (FR). (74) Mandataire: TURLEQUE, Clotilde; Thomson-CSF, SCPI, Cédex 67, F-92045 Paris-La Défense (FR).		(81) Etats désignés: AT (brevet européen), BE (brevet européen), CH (brevet européen), DE (brevet européen)*, DK (brevet européen), ES (brevet européen), FR (brevet européen), GB (brevet européen), IT (brevet européen), JP, KR, LU (brevet européen), NL (brevet européen), SE (brevet européen), US. Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale.</i> <i>Avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si de telles modifications sont reçues.</i>

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR ESTIMATION AND HIERARCHICAL CODING OF THE MOTION OF IMAGE SEQUENCES

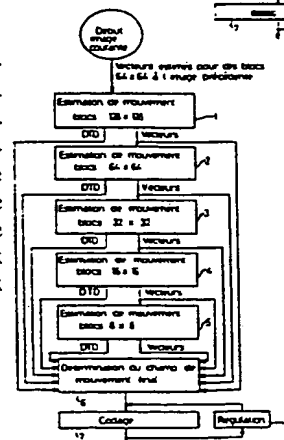
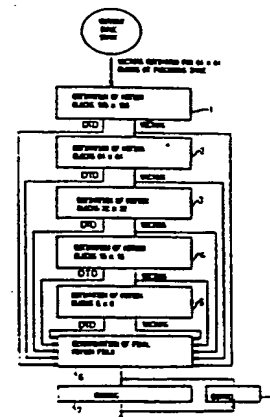
(54) Titre: PROCEDE ET DISPOSITIF D'ESTIMATION ET DE CODAGE HIERARCHISE DU MOUVEMENT DE SEQUENCES D'IMAGES

(57) Abstract

The method for estimating the motion according to the invention calculates a priori for the current image a first motion field for blocks of a first level resulting from a partition of the image into blocks of so-called "maximum" size, from a symmetrical estimation algorithm, by using the preceding and following images in the sequence to calculate the displaced interaster differences, and a second motion field for blocks resulting from the partition of one block of the first level and so on up to a level of blocks of minimum size. The final motion field results from the selection of the best adapted motion vectors amongst those of different levels and is directly associated with a "quadtree" coding tree. The invention applies to image transmission channels, particularly in high resolution.

(57) Abrégé

Le procédé d'estimation de mouvement suivant l'invention calcule a priori pour l'image courante un premier champ de mouvement pour des blocs d'un premier niveau résultant d'une partition de l'image en blocs de taille dite "maximale", à partir d'un algorithme d'estimation symétrique, utilisant les images précédente et suivante dans la séquence pour calculer les différences intertrames déplacées, puis un second champ de mouvement pour des blocs résultant de la partition d'un bloc du premier niveau et ainsi de suite jusqu'à un niveau de blocs de taille minimale. Le champ de mouvement final résulte de la sélection des vecteurs mouvement les plus adaptés parmi ceux des différents niveaux et est directement associé à un arbre de codage "quadtree". L'invention s'applique aux chaînes de transmission d'images, notamment en haute définition.



DESIGNATIONS DE "DE"

Jusqu'à nouvel avis, toute désignation de "DE" dans toute demande internationale dont la date de dépôt international est antérieure au 3 octobre 1990 a effet dans le territoire de la République fédérale d'Allemagne à l'exception du territoire de l'ancienne République démocratique allemande.

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AT	Autriche	ES	Espagne	MC	Monaco
AU	Australie	FI	Finlande	MG	Madagascar
BB	Barbade	FR	France	ML	Mali
BE	Belgique	GA	Gabon	MR	Mauritanie
BF	Burkina Faso	GB	Royaume-Uni	MW	Malawi
BG	Bulgarie	GR	Grèce	NL	Pays-Bas
BJ	Bénin	HU	Hongrie	NO	Norvège
BR	Brésil	IT	Italie	RO	Roumanie
CA	Canada	JP	Japon	SD	Soudan
CF	République Centrafricaine	KP	République populaire démocratique de Corée	SE	Suède
CG	Congo	KR	République de Corée	SN	Sénégal
CH	Suisse	LI	Liechtenstein	SU	Union soviétique
CM	Cameroun	LK	Sri Lanka	TD	Tchad
DE	Allemagne, République fédérale d'	LU	Luxembourg	TC	Togo
DK	Danemark			US	Etats-Unis d'Amérique

**Procédé et dispositif d'estimation et de codage
hiérarchisé du mouvement de séquences d'images**

L'invention se rapporte au domaine du traitement d'images, et plus particulièrement à l'estimation de mouvement utilisée dans les chaînes de transmission d'images notamment en vue de réduire le débit d'informations, et a pour objet un procédé et,
5 le dispositif correspondant, d'estimation et de codage hiérarchisé et du mouvement de séquences d'images.

L'information d'estimation de mouvement est de plus en plus utilisée dans toute les parties d'une chaîne de transmission de télévision en haute définition :

- 10 - au stade de la production des images ;
- au stade de la transmission des images ;
- et au stade de la réception de ces mêmes images.

Ainsi l'estimation de mouvement devient une fonction importante dans la chaîne de transmission d'images notamment en
15 haute définition.

Actuellement chaque équipement de la chaîne de transmission a son propre estimateur de mouvement. Il semble donc très intéressant de prévoir un seul estimateur de mouvement, dans le studio de production, qui soit capable d'alimenter chaque équipement de la chaîne de télévision haute définition. Mais comme
20 chaque équipement ne requiert pas les mêmes caractéristiques pour l'information de mouvement, l'estimateur de mouvement unique doit avoir plusieurs sorties possibles, ou être paramétrable.

L'invention a pour objet un procédé et le dispositif correspondant, d'estimation et de codage du mouvement, développé
25 pour permettre le codage de séquences d'images de manière simple, cette information de mouvement étant exactement adaptée à un codage de type "quadtree" auquel, en outre, une régulation de débit est aisément applicable.

30 De plus, dans le but d'éviter une opération d'estimation de mouvement à la réception qui augmenterait la complexité du

récepteur, cette information de mouvement peut être transmise, notamment sur une voie auxiliaire de transmission de données numériques d'assistance au décodage de séquences d'images. Plusieurs avantages résultent d'une estimation de mouvement au studio de production :

5 - le premier est que la complexité et donc les performances du système d'estimation de mouvement peuvent être plus grandes au studio de production qu'elles ne pourraient l'être dans un équipement de réception ; ainsi un estimateur de mouvement performant et solide peut être construit ;

10 - le second est que, au studio de production, toutes les informations de la séquence d'images à coder sont disponibles et que l'estimation de mouvement est donc plus performante ;

15 - de plus, une estimation de mouvement qui serait effectuée à la réception serait perturbée par le bruit de transmission.

Selon l'invention, un procédé d'estimation et de codage hiérarchisé du mouvement de séquences d'images, est caractérisé en ce qu'il consiste :

20 - à un premier niveau, à découper l'image courante en macroblocs de $2^{p+1} \cdot 2^{p+1}$ pixels et à déterminer un premier champ de vecteurs mouvement, associé à cette partition en macroblocs, en utilisant un algorithme d'estimation itératif et récursif initialisé par des vecteurs mouvement estimés pour l'image précédente,

25 - puis, à un deuxième niveau, à découper en quadrants chacun des macroblocs et à déterminer, pour les blocs qui en résultent, un second champ de vecteur de mouvement en utilisant le même algorithme d'estimation mais initialisé par des vecteurs du champ de mouvement estimé au niveau précédent,

30 - puis à un $i^{\text{ème}}$ niveau, $i = 3$ à p , à découper chacun des blocs considérés au niveau $i-1$ en quadrants et à déterminer, pour les blocs qui en résultent, un $i^{\text{ème}}$ champ de vecteurs de mouvement en utilisant le même algorithme d'estimation initialisé par des vecteurs du champ de mouvement estimés au niveau

précédent, les blocs de taille minimale étant des blocs de $2^{l+1} \cdot 2^{l+1}$ pixels,

- et à déterminer un champ de vecteurs de mouvement final à partir des p champs de vecteurs de mouvement résultants en choisissant le niveau de partition le moins élevé pour lequel le vecteur mouvement associé au bloc correspondant conduit à la minimisation d'un critère traduisant les différences de luminance entre blocs se correspondant dans les images successives par les vecteurs de déplacement estimés.

L'invention sera mieux comprise et d'autres caractéristiques apparaîtront à l'aide de la description qui suit en référence aux figures annexées.

- La figure 1 illustre les informations utilisées classiquement pour estimer un champ de mouvement ;

- La figure 2 illustre les informations utilisées pour estimer un champ de mouvement selon l'invention ;

- La figure 3 illustre la décomposition d'un macrobloc en blocs plus petits suivant 5 niveaux hiérarchisés ;

- La figure 4 illustre l'enchaînement des étapes du procédé d'estimation de mouvement selon l'invention ;

- Les figures 5a, 5b, 5c et 5d illustrent les vecteurs déplacements des blocs du niveau supérieur retenus comme valeurs initiales pour un bloc de niveau donné, selon les quatre positions possibles de ce dernier ;

- La figure 6 détaille les étapes de l'estimation de mouvement à un niveau donné ;

- La figure 7 détaille les tests mis en oeuvre pour la détermination du champ de vecteurs mouvement final ;

- La figure 8 illustre l'arbre de codage associé à la décomposition illustrée par la figure 3.

Une méthode d'estimation de mouvement dans une séquence d'images précédemment décrite et utilisée est rappelée ci-après succinctement pour la commodité de la description ultérieure de l'estimation de mouvement selon l'invention.

L'algorithme d'estimation de mouvement utilisé a été décrit notamment par A.N. NETRAVALI et J.D. ROBBINS dans un article intitulé "Motion Compensated Television Coding, part. 1" tiré de "The Bell System Technical Journal", Vol. 58, n°3, March 1979.

Cet algorithme suppose que tous les éléments d'images élémentaires ou "pixels" d'un même bloc ont le même déplacement. Cet algorithme est récursif, et utilise le champ de mouvement calculé à l'itération précédente pour l'itération suivante à partir du développement de Taylor d'une quantité qui est la somme sur un bloc des différences de luminance des pixels de deux blocs de deux trames consécutives se correspondant par le déplacement estimé à l'itération précédente.

Soient :

- $z(x,y)$ les coordonnées d'un pixel z de la trame courante à l'instant t ,

- $I(z,t)$, la valeur de luminance d'un pixel z à l'instant t ,

- $\text{Grad}^x(z,t)$ et $\text{Grad}^y(z,t)$ les composantes respectivement horizontale et verticale du gradient de luminance au pixel z à l'instant t ,

- D_{i-1} et D_i les vecteurs de mouvement à deux composantes D_{i-1}^x et D_{i-1}^y , D_i^x et D_i^y pour un bloc de pixels, respectivement à l'itération i et à l'itération précédente $i-1$;

- $\text{DFD}(z-D_{i-1},t-1)$ la différence inter-trames déplacée pour le pixel z , c'est-à-dire la différence entre la luminance du pixel z dans la trame courante à l'instant t , et la luminance du pixel déplacé correspondant à z dans la trame précédente (à l'instant $t-1$), c'est-à-dire z déplacé du vecteur mouvement D_{i-1} calculé à l'itération précédente :

$$\text{DFD}(z-D_{i-1},t-1)=I(z,t)-I(z-D_{i-1},t-1)$$

Compte-tenu de ces notations telles qu'illustrées par la figure 1, le vecteur de mouvement d'un pixel z à l'itération i , D_i , est déduit du vecteur de mouvement D_{i-1} à l'itération précédente $i-1$ par les formules suivantes où les signes de

sommation \sum s'appliquent à l'ensemble des pixels z d'un bloc :

$$D_x^i = D_x^{i-1} - \frac{\sum DFD(z-D^{i-1}, t-1) \text{sg}(\text{grad}^x(z, t))}{\sum |\text{grad}^x(z, t)|}$$

$$D_y^i = D_y^{i-1} - \frac{\sum DFD(z-D^{i-1}, t-1) \text{sg}(\text{grad}^y(z, t))}{\sum |\text{grad}^y(z, t)|}$$

L'algorithme utilisé selon l'invention est dérivé de cet
 5 algorithme spatio-temporel pour permettre une estimation de
 mouvement dite "symétrique". En effet, comme indiqué ci-dessus,
 les formules rappelées conduisent à l'estimation du mouvement
 des blocs de la trame courante à l'itération i à partir des
 mouvements estimés pour les mêmes blocs à l'itération $i-1$ et en
 10 calculant les différences de luminance entre le bloc courant et
 le bloc correspondant après déplacement dans la trame précé-
 dente.

Une estimation de mouvement "symétrique" selon l'invention
 utilise, pour l'estimation du mouvement dans une trame courante
 15 à l'itération i , la trame précédant la trame courante et la
 trame suivante. Les gradients sont calculés dans les trames
 précédente et suivante et le vecteur de déplacement à l'itéra-
 tion i est alors calculé à partir du vecteur déplacement du bloc
 courant estimé à l'itération précédente $i-1$ par les équations
 20 suivantes (qui tiennent compte des différences de luminance
 entre les pixels du bloc courant et les pixels des blocs corres-
 pondants, déplacés de ce vecteur estimé précédemment, d'une
 part dans la trame précédente et d'autre part dans la trame sui-
 vante) :

$$D_x^i = D_x^{i-1} - \frac{\sum [DFD(z-D^{i-1}, t-1) \text{sg}(\text{grad}^x(z-D^{i-1}, t-1)) - DFD(z+D^{i-1}, t+1) \text{sg}(\text{grad}^x(z+D^{i-1}, t+1))]}{\sum [\text{grad}^x(z-D^{i-1}, t-1) + \text{grad}^x(z+D^{i-1}, t+1)]}$$

$$D_y^i = D_y^{i-1} - \frac{\sum [DFD(z-D^{i-1}, t-1) \text{sg}(\text{grad}^y(z-D^{i-1}, t-1)) - DFD(z+D^{i-1}, t+1) \text{sg}(\text{grad}^y(z+D^{i-1}, t+1))]}{\sum [\text{grad}^y(z-D^{i-1}, t-1) + \text{grad}^y(z+D^{i-1}, t+1)]}$$

où $sg(\dots)$ est la notation pour "signe de" la quantité qui suit.

Les composantes des vecteurs peuvent être des composantes non entières et une interpolation est nécessaire pour calculer la différence inter-trame déplacée, DFD, et les gradients. Pour cela les quatre éléments d'images les plus proches de l'élément d'image courant z sont utilisés.

La figure 2 montre la position des blocs déplacés dans la trame précédente et dans la trame suivante, correspondant à un bloc courant pour lequel le vecteur déplacement estimé à l'itération précédente est D^{i-1} de la trame précédente à la trame courante et donc $-D^{i-1}$ de la trame suivante à la trame courante si l'on suppose des déplacements symétriques.

Un détail du voisinage de $z-D^{i-1}$ montre que, en général le vecteur déplacement conduit à un pixel déplacé $z-D^{i-1}$ (ou $z+D^{i-1}$) ayant une position qui ne correspond pas à des valeurs entières de x et y . En conséquence les valeurs de luminance des quatre points du voisinage de $z-D^{i-1}$ (ou $z+D^{i-1}$), I_1 , I_2 , I_3 et I_4 sont prises en compte pour les calculs de luminance des pixels déplacés et pour le calcul des gradients.

L'interpolation de la luminance I est bilinéaire, c'est-à-dire qu'elle est une somme pondérée de I_1 , I_2 , I_3 et I_4 . Soient : $\alpha = d(x-D_x^{i-1})$ et $\beta = d(y-D_y^{i-1})$ les parties décimales des composantes selon x et y du vecteur déplacement D^{i-1} :

$$I(z-D^{i-1}) = (1-\alpha)(1-\beta)I_1 + \alpha(1-\beta)I_2 + (1-\alpha)\beta I_3 + \alpha\beta I_4$$

La même formule est appliquée pour le calcul de la luminance du pixel déplacé dans l'image suivante $I(z+D^{i-1})$ à partir des valeurs de luminance du voisinage de $z+D^{i-1}$.

Les gradients sont donnés par :

$$\text{grad}^x(z-D^{i-1}, t-1) = \frac{(I_2-I_1)+(I_4-I_3)}{2}$$

$$\text{grad}^y(z-D^{i-1}, t-1) = \frac{(I_3-I_1)-(I_4-I_2)}{2}$$

avec I_1 , I_2 , I_3 et I_4 à $t-1$

et de même pour les gradients en $z+D^{i-1}$ à $t+1$.

Il faut donc accéder à 4 points dans les mémoires d'image précédente ($t-1$) et d'image suivante ($t+1$) pour calculer la luminance des points déplacés et les gradients correspondants.

5 A titre de simplification dans les notations ultérieures :
 $I(z-D^{i-1})$ sera noté $I(t-1)$ et $I(z+D^{i+1})$ sera noté $I(t+1)$ et de
même $\text{grad}^x(z-D^{i-1}, t-1)$ sera noté $\text{grad}^x(t-1)$, $\text{grad}^x(z+D^{i-1}, t+1)$
sera noté $\text{grad}^x(t+1)$, les composantes selon y étant notées de la
même manière, et les différences intertrames déplacées étant
10 notées $\text{DFD}(t-1)$ et $\text{DFD}(t+1)$.

Ce type d'algorithme d'estimation de mouvement a deux paramètres critiques : le nombre d'itérations permettant d'obtenir les valeurs finales, et la taille de la fenêtre de mesure ou "bloc" :

15 - dans le but de diminuer le nombre d'itérations nécessaires pour obtenir le bon vecteur de déplacement, on utilise généralement une récursivité spatiale ou temporelle : pour une récursivité spatiale, les déplacements calculés dans le voisinage causal d'un bloc courant sont les valeurs initiales pour l'itération
20 suivante ; une récursivité spatiale nécessite donc que les calculs des déplacements utilisés comme valeurs initiales soient terminés, ce qui conduit à des difficultés dans l'implantation. Une récursivité temporelle n'est pas bien adaptée pour les frontières d'objets. En conséquence la récursivité mise en oeuvre
25 selon l'invention est une récursivité temporelle seulement pour l'initialisation de l'estimation de mouvement pour l'image courante et une récursivité spatiale particulière qui permet d'envisager une parallélisation des calculs d'estimation de mouvement de l'image courante.

30 L'algorithme d'estimation de mouvement suppose qu'une translation constante intervient pour tous les pixels compris à l'intérieur d'une fenêtre de mesure. Une solution idéale serait d'avoir une fenêtre de taille variable en fonction de la taille des zones d'images considérées : de larges fenêtres pourraient
35 être utilisées pour des déplacements globaux, du type panorami-

ques ou basculements par exemple, tandis que de petites fenêtres seraient utilisées pour des éléments d'objets de tailles plus réduites.

5 Ce principe de classement des déplacements de manière hiérarchisée en fonction de la taille des zones en mouvement a été étudié par plusieurs auteurs, par exemple par H. BIERLING et R. THOMA dans un article intitulé "Motion compensating field interpolation using a hierachically structured displacement estimator" dans la revue -Signal Processing, 11, 1986 -387-404.

10 En résumé, les caractéristiques principales en sont :

- au premier niveau, des fenêtres de mesure de grande taille sont utilisées pour les grands déplacements ou pour les déplacements constants de grande surface.
- d'un niveau à l'autre la taille de la fenêtre décroît et
15 les vecteurs déplacements sont mis à jour.
- la plus petite fenêtre correspond au champ de mouvement le plus précis.

20 Une telle structure hiérarchisée est intéressante car elle permet d'affiner l'estimation de mouvement là où les informations de mouvement ont la plus grande densité.

Généralement le champ de vecteurs mouvement résultant d'une estimation de mouvement selon l'un des algorithmes connus est formé de zones à déplacement constant ayant des tailles différentes quelconques, seulement liées au contenu de l'image.

25 Une estimation de mouvement de type hiérarchisée classique telle que décrite ci-dessus génère des champs de mouvement correspondant donc à des blocs de tailles quelconques et le problème est alors de réunir ces différentes informations de mouvement dans le but d'obtenir pour chaque trame un champ de mouvement

30 associé à des blocs de tailles aussi grandes que possible, correspondant à des zones à mouvement constant. En fait cette approche est proche de celle utilisée pour la construction d'un arbre de codage notamment pour un codage par quadrant ou "quad-tree" tel que décrit dans un article de C.A. SHAFFER et H.

35 SAMET intitulé "Optimal quadtree construction algorithm" dans

-Computer vision graphics and image processing, vol. 37, 402-419 de 1987-.

En conséquence, selon l'invention, la méthode d'estimation de mouvement hiérarchisée est utilisée pour augmenter la convergence de l'algorithme d'estimation de mouvement récursif, mais elle est adaptée à la décomposition en quadrants de façon à obtenir simultanément l'estimation de mouvement et le codage correspondant de cette information de mouvement, de façon optimale. Pour adapter au mieux l'algorithme d'estimation de mouvement au codage de type "quadtree" qui sera fait ultérieurement du champ de mouvement résultant, les blocs d'un niveau sont le résultat du partage en quatre d'un bloc du niveau immédiatement supérieur comme représenté sur la figure 3 qui illustre les différentes tailles de blocs résultant de la partition.

De plus la récursivité est obtenue en utilisant le champ de mouvement obtenu à un niveau donné de la hiérarchie pour calculer le champ de mouvement du niveau immédiatement inférieur ; ainsi pour les calculs à l'intérieur d'un niveau donné, l'estimation de mouvement pour un bloc est indépendante de celle des autres blocs du voisinage au même niveau.

Ainsi un critère "a priori" est mis en oeuvre pour le calcul des vecteurs de déplacement, avec des valeurs initiales, et comme il va être expliqué plus en détails ci-après l'organisation des niveaux et les choix des calculs effectués sont déterminés pour être adaptés dans toute la mesure du possible au codage ultérieur du champ de mouvement résultant. La description qui suit, faite en référence à la figure 4, précise l'enchaînement des différentes étapes de l'estimation de mouvement et du codage associé, dans un mode de réalisation de l'invention.

La taille maximale des blocs d'éléments d'image reconnue pour le codage étant 128x128 pixels et la taille minimale étant 8x8 par partages successifs de chaque bloc en 4 quadrants, le calcul a priori des vecteurs déplacement est effectué selon l'invention d'abord pour des blocs de 128.128 pixels (niveau 1), puis de 64.64 (niveau 2) puis de 32.32 (niveau 3), puis 16.16

(niveau 4) et enfin 8.8 pixels (niveau 5), indépendamment du contenu de l'image. Pour l'initialisation de l'estimation pour l'image courante, les quatre valeurs initiales pour les blocs les plus grands, au premier niveau (128.128) sont nulles ou
 5 quelconques pour la première image de la séquence, puis égales aux vecteurs de mouvement des blocs 64.64 (résultant de la partition en 4 des blocs 128.128) de l'image précédente de la séquence, pour les images suivantes. Puis les quatre valeurs initiales recueillies pour un bloc de taille $n.n$ proviennent du
 10 niveau précédent, donc à une taille de bloc $2n.2n$. Ces valeurs sont les déplacements estimés pour les quatre blocs les plus proches de taille supérieure, comme représenté sur les figures 5a, 5b, 5c et 5d où les quatre vecteurs de déplacement D_1 , D_2 , D_3 , D_4 sont retenus lors d'un partage de blocs pour le passage
 15 au niveau suivant, selon la position de ce bloc dans le bloc de taille supérieure dont il est issu ; ces positions sont marquées respectivement NW pour Nord-Ouest figure 5a, NE pour Nord-Est figure 5b, SW pour Sud-Ouest figure 5c et SE pour Sud-Est sur la figure 5d.

20 Une étape du procédé d'estimation de mouvement à un niveau n est décrite plus en détails ci-après en référence à la figure 6 où on a représenté les trois mémoires (ou zones mémoire) d'images (ou de trames) respectivement pour l'image suivante, M_1 , (à $t+1$), l'image courante M_2 (à t), et l'image
 25 précédente, M_3 (à $t-1$), ainsi que les valeurs de luminance des 4 pixels entourant le pixel déplacé $z+D^{i-1}$ à la sortie de M_1 , la valeur de luminance $I(t) = I(z,t)$ à la sortie de M_2 , et les valeurs de luminance des 4 pixels entourant le pixel déplacé $z-D^{i-1}$ à la sortie de M_3 .

30 Une première étape de calcul par point donne les valeurs des différences intertrames déplacées et des gradients à partir des valeurs de luminance issues des mémoires et des vecteurs déplacement initiaux, par rapport à l'image précédente $t-1$, et par rapport à l'image suivante à $t+1$.

L'étape suivante consiste alors à calculer les composantes du vecteur déplacement selon les formules itératives données ci-dessus, D_x^i et D_y^i après avoir calculé les sommes partielles des différences telles que C-A et D-B sur l'ensemble du bloc correspondant de niveau n.

Les quatre valeurs initiales pour chaque bloc courant, correspondant à des blocs du voisinage de ce bloc courant mais d'un niveau différent, c'est-à-dire de taille immédiatement supérieure, permettent d'initialiser quatre estimations de mouvement séparées pour ce bloc (une seule a été représentée) et donnent lorsque les formules itératives de l'algorithme ont convergé quatre valeurs de vecteurs mouvement mises à jour, indépendantes, qui complètent les valeurs des vecteurs des niveaux précédents. Les carrés des différences intertrames DFD intermédiaires utilisés pour les mises à jour sont calculées, stockées en mémoire et additionnées pour l'ensemble du bloc, de façon à choisir pour chaque bloc à l'issue des 4 calculs, le "meilleur" déplacement parmi les quatre nouveaux vecteurs de déplacement mis à jour, c'est-à-dire celui pour lequel la somme S des différences intertrames élevées au carré pour ce bloc est minimale. Ce meilleur vecteur constitue alors l'un des vecteurs du champ de mouvement calculé au niveau n.

A l'issue de cette phase de détermination a priori, effectuée pour chacun des blocs des différents niveaux, un champ de vecteurs de mouvement différent correspondant à chaque niveau, c'est-à-dire à chaque taille de bloc, est disponible pour déterminer le champ de mouvement final adapté à la construction de l'arbre de codage, "quadtree" (voir figure 4).

Quand la taille des blocs diminue, quelques divergences peuvent intervenir si la taille des blocs est trop petite par rapport à l'information de luminance ou à la taille de l'objet. Mais à l'inverse pour de petits objets ou des objets non rectangulaires qui ne sont pas adaptés à la décomposition initiale en gros blocs, la décomposition devient de plus en plus adaptée lorsque la taille du bloc diminue. Ainsi le vecteur déplacement

correct de chaque zone peut être trouvé parmi les cinq champs de mouvement disponibles pour des tailles de blocs variant entre 128.128 et 8.8.

5 A ce stade, le problème est de trouver le critère qui permet de déterminer le champ de mouvement final, étape 6 figure 4, à partir des cinq champs de mouvement ainsi calculés, avec des blocs de tailles aussi grandes que possibles, pour diminuer le débit de codage lors du codage effectué ensuite.

10 Comme indiqué ci-dessus à chaque niveau, la somme S sur un bloc des différences intertrames déplacées (élevées au carré) est stockée en mémoire. Ainsi pour un macrobloc de 128.128 pixels, cinq zones mémoires contiennent les différences de luminance intertrames déplacées élevées au carré, avec les vecteurs de déplacement associés $DV(2)$ à deux composantes :

15 Au premier niveau, c'est-à-dire au niveau des macroblocs de 128.128 pixels, une valeur de somme des différences intertrames déplacées au carré S_{128} est stockée pour chaque bloc, ainsi que le vecteur déplacement correspondant, à 2 composantes, DV_{128} ; au niveau 2, chaque macrobloc ayant été
20 partagé en 4 blocs de 64.64 pixels, 4 valeurs de sommes de différences déplacées au carré S_{64} et quatre vecteurs de déplacement correspondant à deux composantes DV_{64} sont stockés pour chacun des macroblocs ; etc... ; au niveau 5, un
25 macrobloc ayant été partagé en 256 blocs de 8.8. pixels, une valeur de somme de différences déplacées au carré, S_8 et un vecteur déplacement DV_8 à 2 composantes correspondant à chacun des blocs élémentaires sont stockés en mémoire, soit 256 valeurs de S_8 et 256 vecteurs DV_8 à deux composantes pour un macrobloc.

30 La détermination du champ de mouvement résultant à partir des 5 champs de mouvement calculés à ces 5 niveaux est effectuée de la manière suivante, illustrée par la figure 7 :

- Le vecteur déplacement DV_{128} est affecté au macrobloc 128.128 si S_{128} est plus petit ou égal à la somme des S_{64} , à la

somme des S_{32} , à la somme des S_{16} et à la somme des S_8 pour l'ensemble du macrobloc.

5 - Lorsque le vecteur mouvement DV_{128} n'est pas alloué, l'allocation est essayée sur la base des blocs 64.64 pixels : un vecteur de déplacement DV_{64} est alloué à un bloc 64.64 si la valeur S_{64} est plus petite ou égale à la somme des S_{32} , à somme des S_{16} , et à la somme des S_8 , sommées sur le bloc correspondant 64.64.

10 - Si un vecteur de déplacement DV_{64} n'est pas alloué à un bloc 64.64, les vecteurs de déplacement des blocs correspondants de 32.32 éléments sont essayés et un vecteur de déplacement DV_{32} est alloué à un bloc 32.32 pixels, si S_{32} est plus petit ou égal à la somme des S_{16} et à la somme des S_8 , respectivement sommés sur le bloc correspondant 32.32.

15 - Si un bloc 32.32 n'a pas eu de vecteur alloué, les vecteurs de déplacement des blocs 16.16 correspondants, DV_{16} , sont essayés. Un vecteur de déplacement DV_{16} est alloué à un bloc 16.16 si la valeur S_{16} associée est plus petite ou égale à la somme des quatre valeurs correspondantes de niveau inférieur, S_8 .

20 - Si un bloc 16.16 n'a pas eu de vecteur alloué, les vecteurs de déplacement DV_8 du dernier niveau sont alloués aux blocs 8.8 qui le composent.

25 La dernière étape alors mise en oeuvre est l'étape du codage "quadtree", 7, et de régulation du débit 8 (si nécessaire), comme représenté sur la figure 4. La connaissance des informations diminue le temps d'exécution de la construction de l'arbre de codage qui peut ainsi être moins coûteux si les vecteurs mouvement de blocs élémentaires sont connus. De plus la
30 régulation du débit de codage de l'information de mouvement peut être aisément faite.

35 Un histogramme du champ de vecteurs de déplacement résultant de l'étape précédente est établi. Les vecteurs de déplacement correspondants à des pics de l'histogramme supérieurs à un seuil donné (ce seuil correspondant à une estimation

de mouvement jugée correcte) sont sélectionnés. Ces vecteurs sont transmis pour chaque trame et leur nombre détermine le nombre de bits nécessaire pour qu'un mot de code puisse être affecté à chacun d'eux.

5 Le codage "quadtree" est effectué sur la base des macroblocs 128x128, et un arbre caractérise la décomposition de chacun de ces macroblocs telle qu'elle résulte du champ de mouvement final correspondant. Dans l'arbre, un noeud peut être une racine ou une feuille. Un mot de code spécial indique une ra-
10 cine, et une feuille correspond à un vecteur de déplacement. Le débit de codage pour un arbre est égal au nombre de noeuds multiplié par le nombre de bits des mots de code : pour une image haute définition constituée de 1152 lignes ayant chacune 1440 éléments d'image ou pixels, 108 macroblocs permettent de
15 couvrir l'ensemble de l'image.

 Une procédure de régulation du débit de codage peut être aisément effectuée en éliminant les vecteurs de mouvement les moins probables ou de manière plus brutale en stoppant la division des blocs à la dimension minimale 16x16 par exemple.

20 La figure 8 représente l'arbre de codage correspondant à un macrobloc décomposé comme représenté sur la figure 3. Si 15 vecteurs de déplacement différents ont été sélectionnés, il y a 16 noeuds différents, avec un mot de code spécial pour les racines ; donc 4 bits sont nécessaires ; en conséquence l'arbre,
25 qui a 17 noeuds conduit à un nombre de bits, $17 \times 4 = 68$ bits.

 La demande de brevet français n° 89 08547 au nom de la Demanderesse décrit plus en détails une procédure d'analyse du champ de mouvement et d'allocation de codes correspondant à partir des arbres de codage correspondant à la décomposition en
30 quadrants et la régulation correspondante lorsque le débit requis est dépassé, également applicable au codage et à la régulation du champ de mouvement tel qu'il résulte du procédé d'estimation décrit ci-dessus.

 Les résultats obtenus en suivant un tel procédé d'estima-
35 tion de mouvement hiérarchisé associé à une technique de codage

"quadtree" ont été évalués pour des signaux de télévision résultant d'une analyse entrelacée. L'estimation de mouvement est effectuée pour chaque trame paire, et cette information de mouvement est codée et transmise pour les trames impaires. A la réception, après le décodage de l'information de mouvement, les trames impaires sont interpolées à partir des trames paires et des informations de mouvement.

Trois types de séquences ont été testés, l'une correspondant au mouvement très rapide d'un élément d'image, une autre correspondant à une séquence d'images incluant des éléments ayant des mouvements variés, mouvements rapides et mouvements plus lents, et une séquence d'images correspondant à un zoom sur un dessin très fin. Les résultats obtenus sont compatibles avec les débits prévus dans les chaînes de télévision assistées numériquement.

Les avantages importants qui résultent du procédé d'estimation et de codage du mouvement de séquences d'images sont les suivants :

A un niveau donné le traitement d'un bloc est indépendant de celui des autres blocs et seuls les vecteurs de déplacement du voisinage défini au niveau précédent sont utilisés comme valeurs initiales. De plus la décomposition en arbres du champ de mouvement peut être construite rapidement car elle utilise une structure déjà existante à l'issue de l'estimation de mouvement.

Ce procédé d'estimation de mouvement est paramétrable comme requis pour être adapté aux différentes fonctions de la chaîne de transmission. En effet la taille du bloc de dimension minimale et le débit maximal sont des paramètres variables. La possibilité d'obtenir un vecteur de déplacement pour chaque pixel, c'est-à-dire un champ de vecteurs mouvement ponctuel, a même été testée. Pour cela on suppose que tous les vecteurs mouvement du champ de mouvement réel de l'image appartiennent au champ de mouvement final résultant de l'estimateur après détermination a priori des champs de mouvement des différents

niveaux, c'est-à-dire qu'on n'effectue pas l'estimation à un niveau plus fin que celui des blocs 8.8. Puis, pour chaque pixel, on sélectionne dans ce champs de mouvement le vecteur qui conduit à la différence intertrames la plus faible. Ce vecteur est alors un élément du champ de mouvement ponctuel.

Le dispositif d'estimation selon l'invention, à la portée de l'homme de l'art, n'est pas représenté puisqu'il comporte principalement des mémoires d'images de la séquence, des moyens de calcul et des mémoires de stockage pour les résultats intermédiaires et pour les résultats finaux. Il faut cependant remarquer que l'implémentation du procédé d'estimation de mouvement selon l'invention est facilitée par le fait que les calculs, pour les différents macroblocs d'une trame (typiquement 108), puis à chaque niveau intermédiaire, peuvent être effectuées en parallèle puisque, comme indiqué ci-dessus, les calculs pour un bloc à un niveau donné n'utilisent que les valeurs déjà calculées au niveau précédent. De même, dans un niveau donné les quatre estimations séparées effectuées pour chacun des blocs à partir de quatre valeurs initiales différentes peuvent être effectuées en parallèle puisqu'elles sont indépendantes. La parallélisation du dispositif d'estimation peut donc être importante pourvu que les moyens de calcul le permettent.

Enfin l'estimateur de mouvement peut alimenter chaque équipement du studio qui nécessite l'information de mouvement ou l'information de mouvement codée.

REVENDEICATIONS

1. Procédé d'estimation et de codage hiérarchisé du mouvement de séquences d'images, caractérisé en ce qu'il consiste :

- à un premier niveau, à découper l'image courante en macroblocs de $2^{P+1}.2^{P+1}$ pixels et à déterminer un premier champ de vecteurs mouvement, associé à cette partition en macroblocs, en utilisant un algorithme d'estimation itératif et récursif initialisé par des vecteurs mouvement estimés pour l'image précédente,
- puis, à un deuxième niveau, à découper en quadrants chacun des macroblocs et à déterminer, pour les blocs qui en résultent, un second champ de vecteurs de mouvement en utilisant le même algorithme d'estimation mais initialisé par des vecteurs du champ de mouvement estimé au niveau précédent,
- puis à un $i^{\text{ème}}$ niveau, $i = 3$ à p , à découper chacun des blocs considérés au niveau $i-1$ en quadrants et à déterminer, pour les blocs qui en résultent, un $i^{\text{ème}}$ champ de vecteurs de mouvement en utilisant le même algorithme d'estimation initialisé par des vecteurs du champ de mouvement estimés au niveau précédent, les blocs de taille minimale étant des blocs de $2^{1+1}.2^{1+1}$ pixels,
- et à déterminer un champ de vecteurs de mouvement final à partir des p champs de vecteurs de mouvement résultants en choisissant le niveau de partition le moins élevé pour lequel le vecteur mouvement associé au bloc correspondant conduit à la minimisation d'un critère traduisant les différences de luminance entre blocs se correspondant dans les images successives par les vecteurs de déplacement estimés.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'algorithme d'estimation de mouvement utilisé est symétrique et utilise, pour la détermination d'un vecteur mouvement à un rang d'itération i , le vecteur mouvement déterminé à l'itération $i-1$ diminué de quantités fonction de différences de luminance

intertrames déplacées, c'est-à-dire des sommes de différences de luminance entre les pixels du bloc courant et les pixels des blocs correspondant au bloc courant déplacés du vecteur mouvement, respectivement dans la trame précédente et dans la trame suivante de la séquence.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que, pour chaque bloc, l'algorithme d'estimation de mouvement est mis en oeuvre quatre fois, initialisé par quatre vecteurs de mouvement respectivement associés

10 - à la première étape, aux quatre blocs de niveau inférieur constituant chaque macrobloc, pris dans le champ de mouvement de deuxième niveau de l'image précédente,

- dans les étapes suivantes, à quatre blocs du niveau précédent appartenant à un voisinage du bloc courant, dans la même image,

15 et en ce que le vecteur choisi parmi les quatre vecteurs résultats pour former l'un des vecteurs du champ de mouvement correspondant est celui qui conduit à la minimisation du critère traduisant les différences de luminance entre blocs se correspondant dans les images successives par les vecteurs de déplacement estimés correspondants.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que les quatre vecteurs mouvement d'initialisation des blocs du niveau précédent utilisés comme valeurs initiales pour l'estimation d'un bloc courant sont le vecteur associé au bloc de niveau précédent dont il est issu, et les trois vecteurs associés aux blocs du niveau précédent contigus à ce bloc courant.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le champ de mouvement final, hiérarchisé est directement associé à un arbre de codage, de type "quadtree", correspondant à la hiérarchie des blocs et des vecteurs de mouvement correspondants des différents niveaux sélectionnés pour le champ

de mouvement final, et en ce qu'une régulation du débit de codage résultant est effectuée par sélection du champ de mouvement final adapté au débit requis.

5 6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que la régulation est effectuée, lorsque le débit requis est dépassé, en éliminant du champ de vecteurs de mouvement final les vecteurs les moins fréquents et en les remplaçant par les vecteurs les plus proches, de fréquence plus grande.

10 7. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que la régulation est effectuée, lorsque le débit requis est dépassé, en écartant les vecteurs du champ de mouvement associé aux blocs de taille minimale de la sélection du champ de mouvement final.

15 8. procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les calculs itératifs mis en oeuvre à un niveau donné sont effectués en parallèle, les calculs d'un niveau donné prenant leurs valeurs d'initialisation à un niveau précédent.

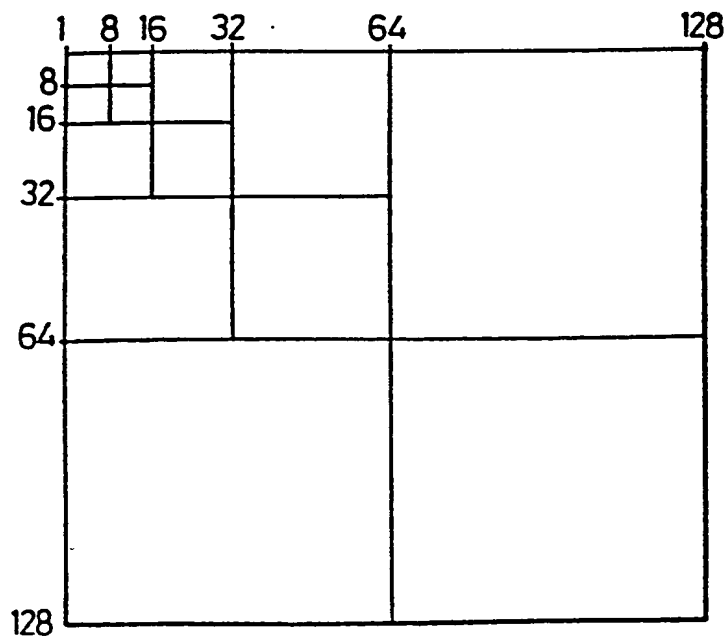
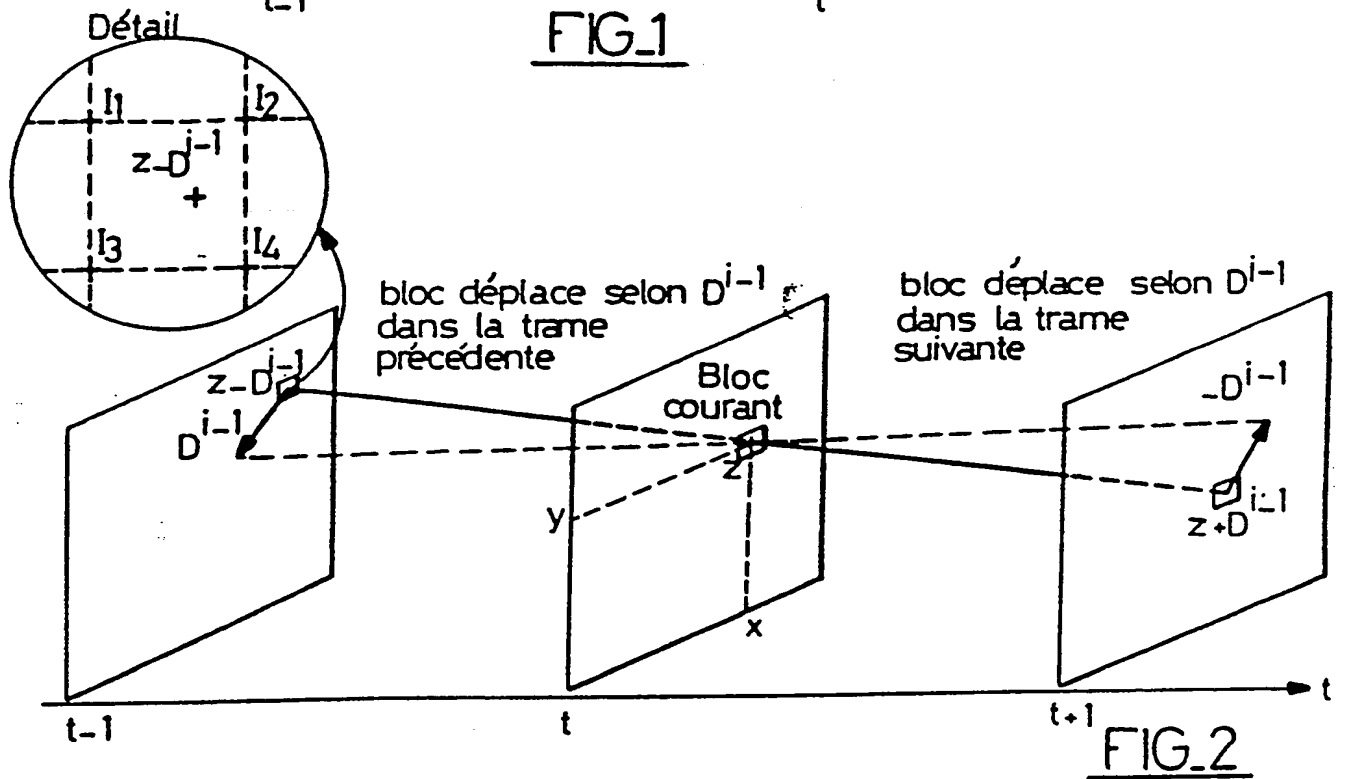
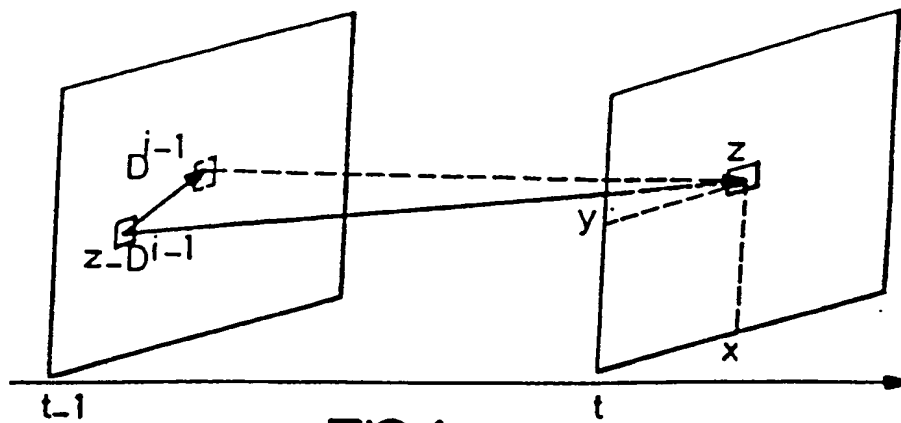
20 9. Procédé selon l'une des revendications 3 et 4, caractérisé en ce que les quatre calculs de vecteurs mouvement effectués pour chaque bloc sont effectués en parallèle, ces calculs prenant leurs valeurs d'initialisation à un niveau précédent.

25 10. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que p est choisi égal à 5 et l égal à 2, les macroblocs étant des blocs de 128.128 pixels et les blocs de taille minimale étant des blocs de 8.8. pixels, le procédé d'estimation étant hiérarchisé en 5 niveaux.

11. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'un champ de mouvement ponctuel est établi à partir du champ de mouvement final, en allouant à chaque pixel le vecteur de

mouvement du champ final pour lequel une différence de luminance intertrames entre ce pixel et le pixel déplacé du vecteur mouvement correspondant dans la trame précédente est minimisée.

- 5 12. Dispositif d'estimation et de codage hiérarchisé du mouvement de séquences d'images, destiné à la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce qu'il comporte une mémoire d'images, des moyens de calcul et des mémoires de travail, les moyens de calcul étant
- 10 prévus pour effectuer des calculs en parallèle.



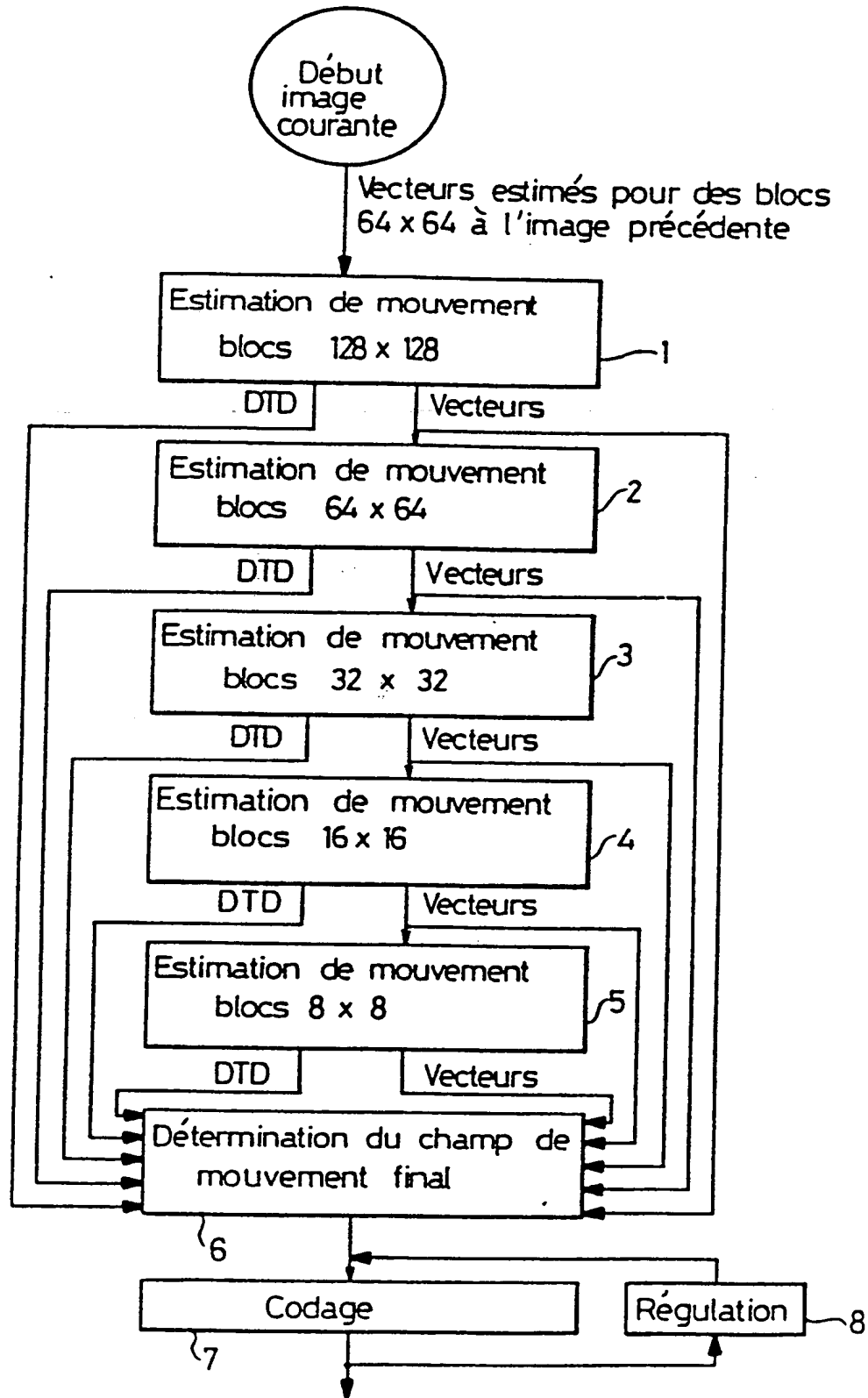
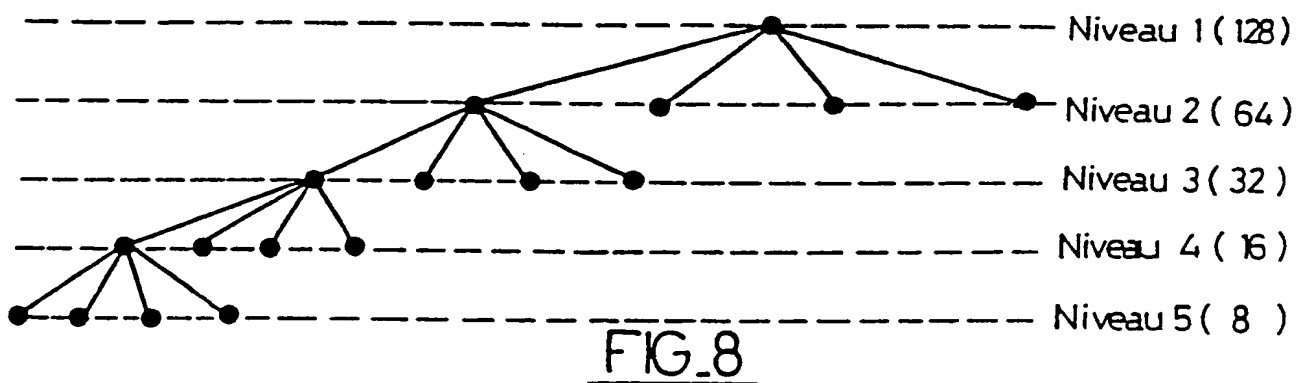
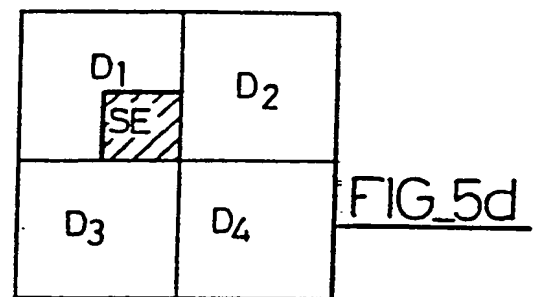
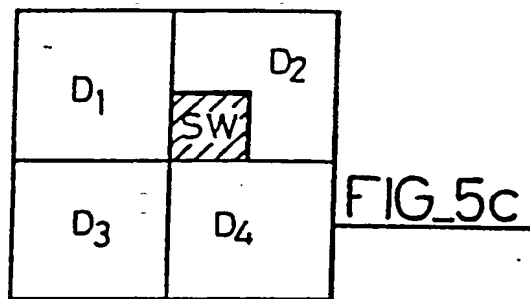
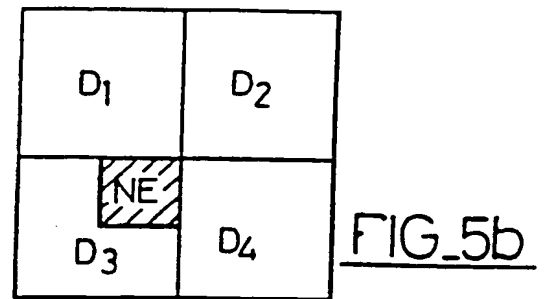
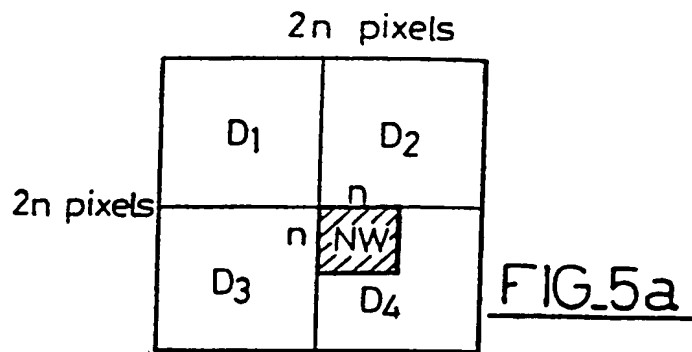


FIG. 4



FEUILLE DE REMPLACEMENT

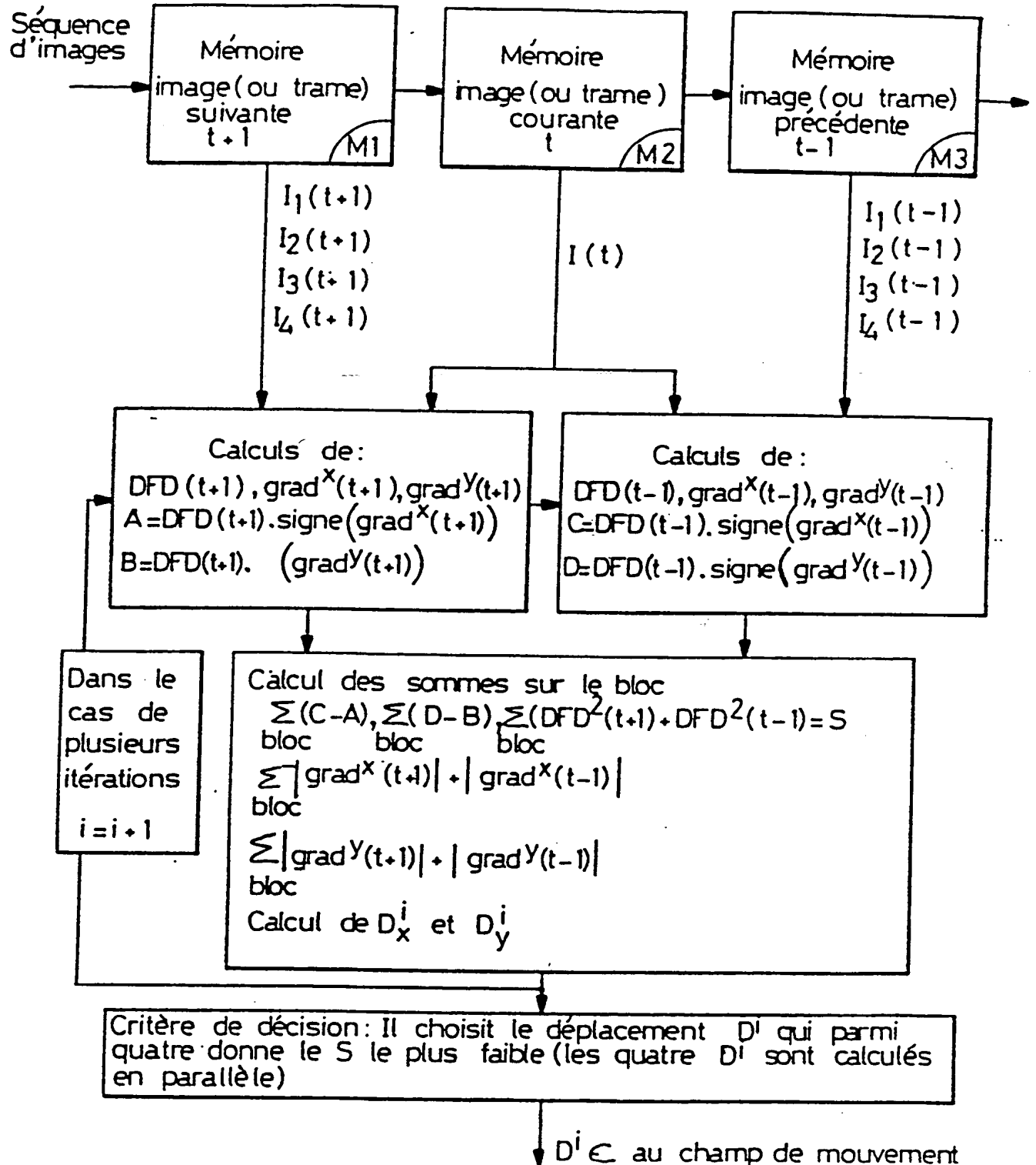
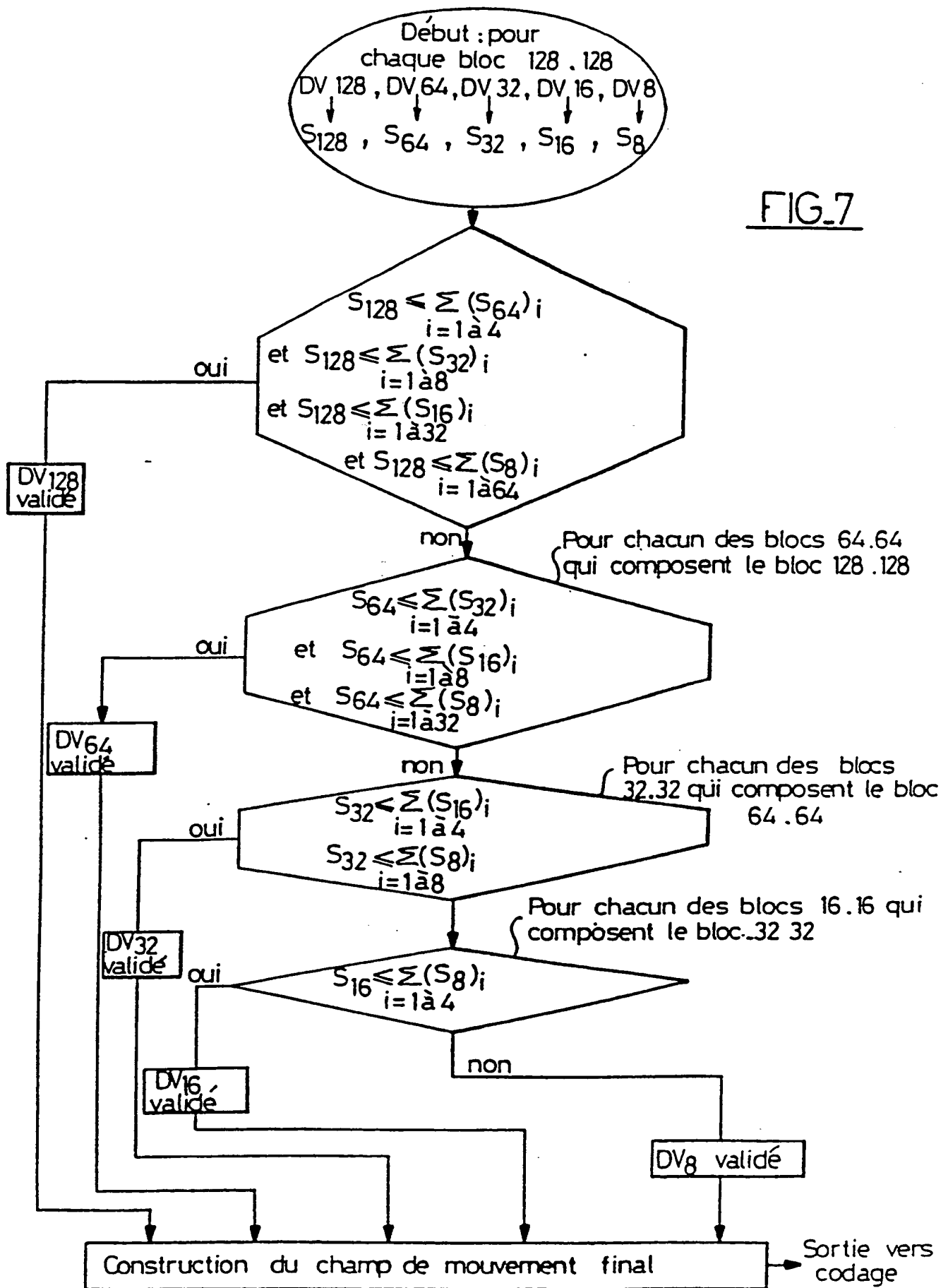


FIG. 6

FIG. 7



I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (If several classification symbols apply, indicate all) *		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int.Cl. ⁵	G06F 15/70	
II. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched ⁷		
Classification System	Classification Symbols	
Int.Cl. ⁵	G06F 15/70	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched *		
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT *		
Category *	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
X	IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 11, No. 7, July 1989, IEEE, (New York, US) P. Strobach: "Quadtree-structured linear prediction models for image sequence processing", pages 742-748 see the whole document	1-5
X	Proceedings IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Processing, 22-26 June 1986, Miami Beach, Florida, IEEE, (Washington, US) L.R. Williams et al.: "A coarse-to-fine control strategy for stereo and motion on a mesh-connected computer", pages 219-226, see page 219, left-hand column, line 1 - page 226, right-hand column, line 12; figures 1,2	1,2,4,5,8-12
A	EP, A, 0293644 (SIEMENS) 7 December 1988	./.
<p>* Special categories of cited documents: ¹⁰</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"Δ" document member of the same patent family</p>		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report	
18 December 1990 (18.12.90)	29 January 1991 (29.01.91)	
International Searching Authority	Signature of Authorized Officer	
EUROPEAN PATENT OFFICE		

III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT (CONTINUED FROM THE SECOND SHEET)

Category *	Citation of Document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to Claim No
A	<p>Proceedings Workshop on Motion: Representation and Analysis, Charleston, South Carolina, 7-9 May 1986, IEEE, (Washington, US) W. Enkelmann: " Investigations of multigrid algorithms for the estimation of optical flow fields in image sequences", pages 81-87</p> <p>-----</p>	

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 11/01/91. The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP-A- 0293644	07-12-88	JP-A- 1092885	12-04-89
		US-A- 4924310	08-05-90
<hr/>			

I. CLASSEMENT DE L'INVENTION (si plusieurs symboles de classification sont applicables, les indiquer tous) ⁷		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
CIB ⁵ : G 06 F 15/70		
II. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTÉ		
Documentation minimale consultée ⁸		
Système de classification	Symboles de classification	
CIB ⁵	G 06 F 15/70	
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où de tels documents font partie des domaines sur lesquels la recherche a porté ⁹		
III. DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS ¹⁰		
Catégorie [*]	Identification des documents cités, ¹¹ avec indication, si nécessaire, des passages pertinents ¹²	N° des revendications visées ¹³
X	IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, volume 11, no. 7, juillet 1989, IEEE, (New York, US) P. Strobach: "Quadtree-structured linear prediction models for image sequence processing", pages 742-748 voir document en entier ---	1-5
X	Proceedings IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Processing, 22-26 juin 1986, Miami Beach, Florida, IEEE, (Washington, US) L.R. Williams et al.: "A coarse-to-fine control strategy for stereo and motion on a mesh-connected computer", pages 219-226, voir page 219, colonne de gauche, ligne 1 - page 226, colonne de droite, ligne 12; figures 1,2 --- ./.	1,2,4,5, 8-12
<p>* Catégories spéciales de documents cités: ¹¹</p> <p>« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>« E » document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>« L » document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>« O » document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>« P » document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> <p>« T » document ultérieur publié postérieurement à la date de dépôt international ou à la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>« X » document particulièrement pertinent: l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive</p> <p>« Y » document particulièrement pertinent: l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier.</p> <p>« & » document qui fait partie de la même famille de brevets</p>		
IV. CERTIFICATION		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale	
18 décembre 1990	29. 01. 91	
Administration chargée de la recherche internationale	Signature du fonctionnaire autorisé	
OFFICE EUROPEEN DES BREVETS	Alfredo Prein	

<div> <div>III. DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS</div> <div>(SUITE DES RENSEIGNEMENTS INDICUÉS SUR LA DEUXIÈME FEUILLE)</div> </div>		
Catégorie *	Identification des documents cités, avec indication, si nécessaire, des passages pertinents	N° des revendications visées
A	<p>EP, A, 0293644 (SIEMENS) 7 décembre 1988</p> <p>---</p>	
A	<p>Proceedings Workshop on Motion: Representation and Analysis, Charleston, South Carolina, 7-9 mai 1986, IEEE, (Washington, US)</p> <p>W. Enkelmann: "Investigations of multigrid algorithms for the estimation of optical flow fields in image sequences", pages 81-87</p> <p>-----</p>	

FR 9000628
SA 40343

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP-A- 0293644	07-12-88	JP-A- 1092885	12-04-89
		US-A- 4924310	08-05-90

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

FPO FORM 10472